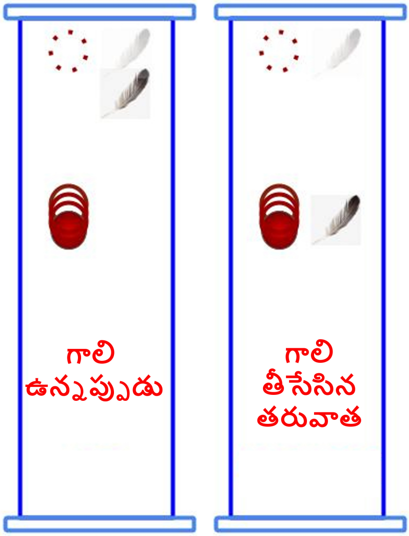
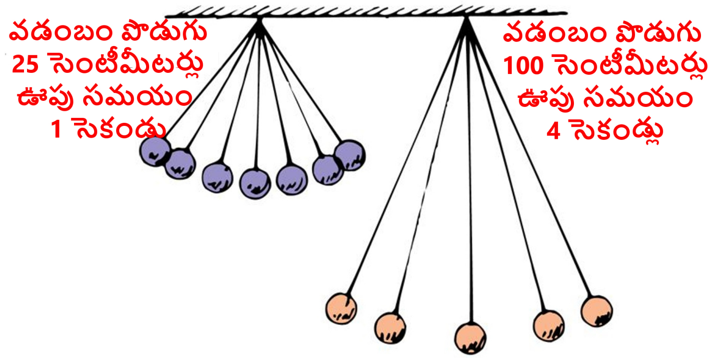
నిత్యత్వ నియమాలు

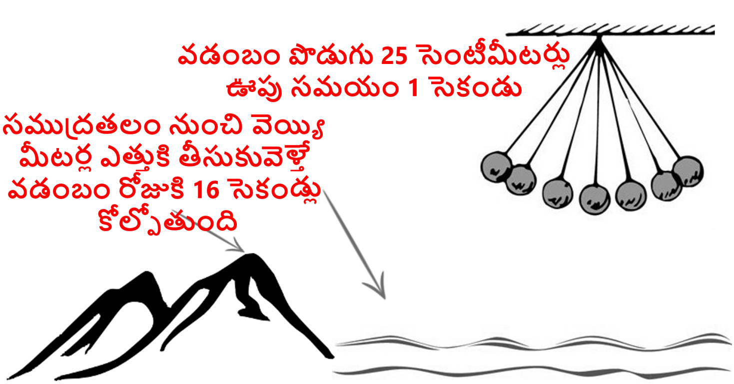


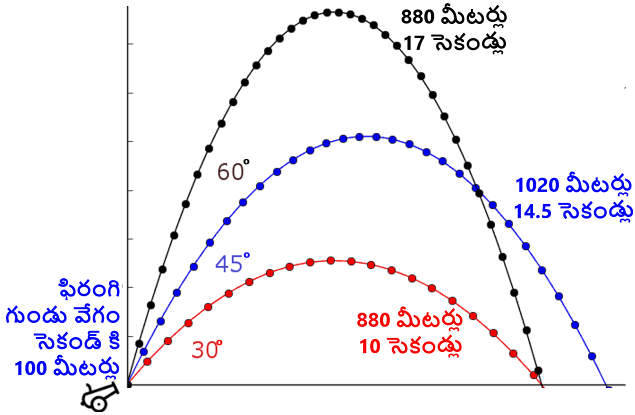
గురుత్వాకర్షణ బలం ప్రభావం వల్లనే అన్ని వస్తువులూ ఎత్తు నుండి భూమి మీద పడతాయి. ఆ పడే వస్తువు వేగమూ, ఒక ఎత్తు మీద నుంచి పడటానికి తీసుకునే సమయమూ వస్తువు బరువు మీద ఆధారపడవని నిరూపించటానికి ఇటాలియన్ వైజ్ఞానికుడు గెలీలియో పిసాలోని ఎనిమిది అంతస్థుల ఒరిగే బురుజు మీద నుంచి బరువులు పడేశాడంటారు. ఆధునిక కాలంలో గాలి తీసేసిన గదిలో ఇనప బంతీ పక్షి ఈకా ఒకేసారి పడుతూంటే చిత్రీకరించారు. దీనిని పై రేఖా చిత్రంలో కూడా చూడవచ్చు గురుత్వాకర్షణ గణిత సంబంధానికి ఇది ఇంకో ఉదాహరణ.

కట్టుతున్న గోడలు నిట్టనిలువుగా ఉన్నాయని సరిచూడటానికి పురాతన కాలంనించీ తాపీ మేస్త్రీలు ఒక సూదంటి రాయిని దారానికి వేళ్ళాడదీసి వాడేవారు. ఈ వడంబం గురుత్వాకర్షణని అర్థం చేసుకోవడానికి చాలా మంచి ఉదాహరణ. వడంబం వంకరటింకరగా కాక ఒక సమతలంలో ఊగుతుంటే కుడి నుంచి ఎడమకు వెళ్ళి మళ్ళీ మొదటి స్థానానికి రావటానికి పట్టే సమయం స్థిరంగా ఉంటుంది. ఆ సమయం వడంబం పొడుగు



మీద తప్ప వేళ్ళాడదీసిన రాయి బరువు మీద గానీ, ఊపు యొక్క ఎక్కువ తక్కువల మీద గానీ ఆధారపడదు. ఇది గమనించే పద్దెనిమిదవ శతాబ్దంలో తయారైన గడియారాలలో వడంబాలు ఉపయోగించేవారు. వడంబం ఊపు సమయం దాని పొడుగుతో ఒక నిర్దిష్టమైన విధంగా మారుతుంది. సముద్రతలం వద్ద ఇరవై ఐదు సెంటీమీటర్ల పొడుగున్న వడంబం ఒక్కొక్క ఊపుకి ఒక సెకండు సమయం తీసుకుంటుంది. వడంబం పొడుగు నాలుగు రెట్లు పెంచి ఒక మీటరు చేస్తే ఆ సమయం కూడా నాలుగు రెట్లు పెరుగుతుంది. పైన చిత్రం చూడండి. మరి అదే ఇరవై ఐదు సెంటీమీటర్ల పొడుగున్న వడంబాన్ని సముద్రతలం నుంచీ వెయ్యి మీటర్ల ఎత్తుకి తీసుకెళితే ఒక రోజులో పదహారు సెకండ్లు కోల్పోతుంది. దూరం రెట్టింపైతే గురుత్వాకర్షణ బలం నాలుగో



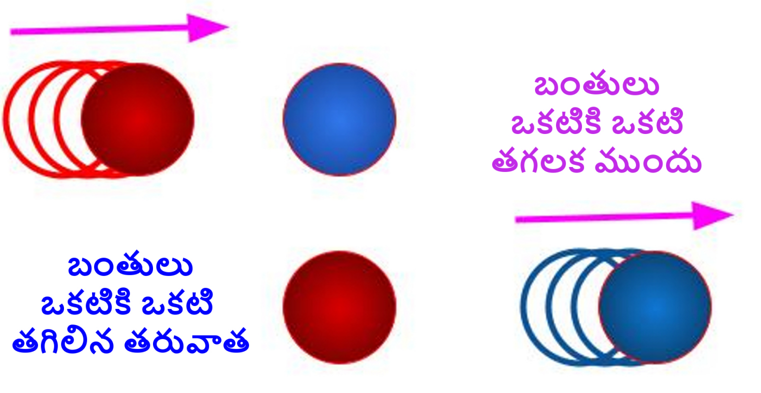


వంతు అవుతుందన్న న్యూటన్ సూత్రంతో గణించి విద్యార్థులు ఈ వడంబం ప్రయోగ ఫలితాలతో సరిపోల్చుతారు.

వడంబాలలాగే రాళ్ళువిసిరే యంత్రాలూ, ఫిరంగులూ అనేక శతాబ్దాలుగా వాడుకలో ఉన్నాయి. ఎక్కువ దూరంలో ఉన్న ఒక లక్ష్యం మీద విసరటానికి ఫిరంగిని మరీ బల్లపరుపుగా కాక చిన్న కోణంలోనే గురి చూడాలని చాలా కాలం క్రితమే తెలుసు. కానీ గురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతం ప్రకారం గణిస్తే సరిగ్గా 45 డిగ్రీల కోణంలో పేలిస్తే ఎక్కువ దూరం ఉన్న లక్ష్యానికి తగులుతుంది అని తెలుసుకోవటమేకాక లక్ష్యదూరం వివిధ కోణాలలో ఎంత మారుతుందో గణించవచ్చు. పైన ఉన్న చిత్రం దీనిని స్పష్టం చేస్తుంది. ఇటువంటి ఉదాహరణలు న్యూటన్ సిద్ధాంతాలు భౌతిక శాస్త్రంలో ఎంత ముఖ్యమో తెలియచేస్తాయి.

ఏ వస్తువుకైనా వేగంగానీ వేగం యొక్క దిశగానీ మారటానికే బలం అవసరమౌతుంది. వడంబానికైనా, ఫిరంగి గుళ్ళకైనా, గ్రహాలకైనా వేగంకానీ దిశకానీ మారటానికి ముఖ్యకారణం గురుత్వాకర్షణ బలం. కొన్ని పరిస్థితులలో గాలి రాపిడి ఇంకో బలం. ఏదో ఒక బలం లేకపోతే వేగంగానీ దిశగానీ మారవు. బిలియర్డ్స్, స్నూకర్ మొదలైన ఆటలలో బల్లమీద ఒక బంతిని ఇంకో బంతితో కొడతారు. నేర్పుగా కొట్టినప్పుడు మొదటి బంతి

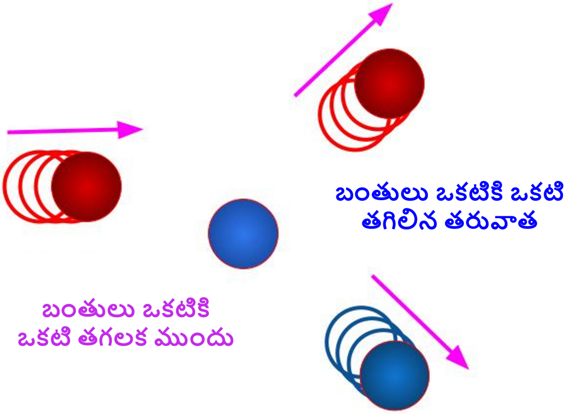
ఆగిపోయిన తరువాత రెండవ బంతి మొదటిదాని వేగంతో అదే దిశలో కదులుతుంది. అదే రెండవ బంతి బరువు మొదటిదాని బరువులో సగమైతే రెండవది రెట్టింపు వేగంతో కదులుతుంది. కింద ఉన్న రేఖా చిత్రం చూడండి. మొదటి బంతి కదలటం మొదలైన తరువాత బయట బలం ప్రభావం ఏదీ ఆ రెండు బంతులమీద లేదు. రాపిడి వల్ల మాత్రమే బంతి వేగంలో మార్పు ఉండవచ్చు. రాపిడి లేని స్థితి ఊహిస్తే బంతి బరువుని వేగంతో హెచ్చవేస్తే వచ్చే "ద్రవ్యవేగం" ఇంగ్లీష్ లో మొమెంటం లో ఎలాంటి మార్పు ఉండదని తెలుస్తోంది. అందుకే బరువు సగమైనప్పుడు, బలం లేదు కనుక వేగం రెట్టింపు అయింది. బలం ప్రభావం వల్ల మారేది ద్రవ్యవేగం. కానీ వస్తువు బరువు సాధారణంగా మారదు. అందుకే వేగం లేదా దిశ మార్పు బలాన్ని సూచిస్తుంది. బలం యొక్క పరిమాణం ద్రవ్యవేగంలో ఎంత మార్పు వచ్చిందో కాక ఆ మార్పు ఎంత తొందరగా వచ్చిందో నిర్ణయిస్తుంది. వేగంలో మార్పు యొక్క వేగాన్ని త్వరితం ఇంగ్లీష్ లో యాక్సిలరేషన్ అని పేర్కొంటారు. బలం యొక్క పరిమాణం స్థిరంగా ఉంచితే బరువు రెట్టింపైతే త్వరితం సగమౌతుంది. నేల మీద ఉన్న అన్ని వస్తువుల మీదా భూమి గురుత్వాకర్షణ బలం ఒకే పరిణామం లో ఉండదు. వస్తువు బరువు రెట్టింపు అయితే భూమివైపు గురుత్వాకర్షణ బలం కూడా రెట్టింపు అవుతుంది. బరువును త్వరితంతో హెచ్చవేస్తే వచ్చేది బలం. బరువూ, బలం సమానంగా పెరుగితే త్వరితం మారదు.



అందువల్ల సముద్రతలం దగ్గర ఉన్న అన్ని వస్తువుల మీదా గురుత్వాకర్షణ బలం సమానం కాదు. కానీ త్వరితం సమానం. ఇందుకే గాలి రాపిడి లేని గదిలో ఈకా బంతీ ఒకే సారి కింద పడతాయి. సముద్రతలం నుంచీ ఎత్తైన పర్వతం మీదకి వెళితే అన్ని వస్తువుల మీదా సరిసమానంగా త్వరితం తగ్గుతుంది. ఇందుకే వడంబం ఊగే కాలం మారుతుంది.

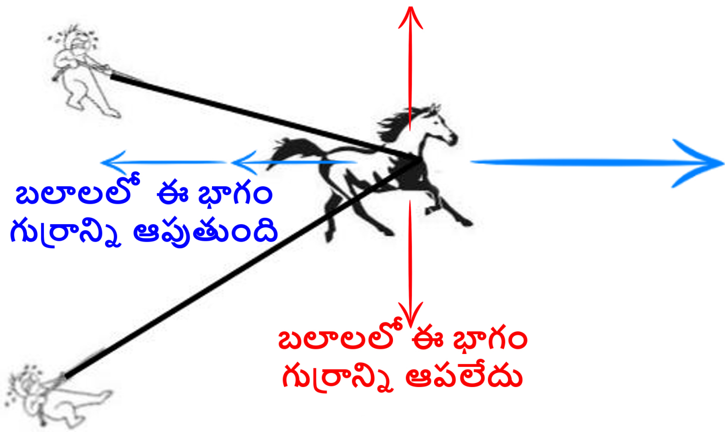
ఈ విధంగా ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రానికి బరువును త్వరితంతో హెచ్చవేస్తే వచ్చేది బలమన్న న్యూటన్ నిర్వచనమూ, అతను గురుత్వాకర్షణ బలానికి ఇచ్చిన గణిత సంబంధమూ పునాది రాళ్లు. బయటి నుంచి ఏదైనా బలం యొక్క ప్రభావం లేకపోతే ద్రవ్యవేగం ఎప్పుడూ మారదు అన్నది ఈ గణిత సంబంధాలలో దాగివుంది. అందుకే దీనికి ప్రత్యేకమైన హోదా ఇచ్చి భౌతిక శాస్త్రంలో ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమం, ఇంగ్లిష్ లో లా ఆఫ్ కంసర్వేషన్ ఆఫ్ మొమెంటం అని పేర్కొంటారు. పైన వర్ణించిన బంతుల ఆట లాంటి లెక్కలేనన్ని ప్రయోగాలలో ఈ నియమం నిరూపించబడింది. అంతకంటే ముఖ్యం ఇది ప్రాథమిక భౌతిక శాస్త్రంలో గణిత సంబంధ రూపంలో ఉండటం. అందువల్ల ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమం ఎప్పటికీ తప్పు కాదనీ, ఏదైనా ప్రయోగ ఫలితం దీనిని అతిక్రమించినట్టు కనక కనపడితే ఆ ప్రయోగ ఫలితాన్ని వెంటనే నిరాకరించవచ్చుననీ వైజ్ఞానికులు నిర్ణయిస్తారు.

స్నూకర్ లాంటి ఆటల్లో ఒక బంతిని ఇంకొకటి కోణంలో తగిలితే రెండూ వేరు వేరు దిశలలో కదులుతాయి. అప్పుడు కూడా ఈ నిత్యత్వ నియమం తప్పదు. తగిలే ముందు, ఆ తరువాతా ఏ దిశకి ఆ దిశలో దవ్యవేగంలో మార్పు ఉండదు. ఉదాహరణకు పక్క పేజీలోని చిత్రంలో తూర్పు దిక్కుకి వెళుతున్న మొదటి బంతి రెండవ దానికి తగిలిన తరువాత ఈశాన్య దిక్కుకి వెళ్లి మొదట్లో కదలకుండా ఉన్న రెండవ బంతి వాయువ్య దిశకి కదిలింది అని అనుకుందాం. ఈశాన్య దిశలో వేగాన్ని తూర్పు, ఉత్తర దిశలలో వేగాలుగా రెండు భాగాలు చెయ్యాలి. అలాగే



వాయువ్య దిశలోని వేగాన్ని తూర్పు, దక్షిణ దిశలలో వేగాలుగా రెండు భాగాలు చెయ్యాలి. ఇప్పుడు ఆ వేగ భాగలని అయా బంతుల బరువుతో హెచ్చవేసి ఆయా దిశలలో ద్రవ్యవేగం భాగాలు గుర్తించాలి. తగిలిన తరువాత తూర్పు దిశలో రెండు బంతుల ద్రవ్యావేగాలని కూడితే అది తగలక ముందు తూర్పు దిశలో మొదటి బంతి ద్రవ్యవేగానికి సమంగా ఉందని సరి చూడవచ్చు. తగలక ముందు రెండవ బంతి కదలటం లేదు. అందువల్ల ద్రవ్యవేగం ఉండదు. అలాగే ఉత్తర దిశగా మొదటి బంతి ద్రవ్యవేగమూ దక్షిణ దిశగా రెండవ బంతి ద్రవ్యవేగమూ సమంగా ఉంటాయి. అవి రెండూ ఎదురు బదురుగా ఉండటం వల్ల వాటిని కూడితే శూన్యం అవుతుంది. మొదటి బంతి కేవలం తూర్పు దిశగా కదులుతూ ఉండటం వల్ల రెండో దానికి తగిలే ముందు ఉత్తర దక్షిణ దిశలలో రెండు బంతుల ద్రవ్యవేగం శూన్యం. ఇంత దూరం గణిస్తేనే గానీ ద్రవ్యవేగ నిత్యత్వ నియమ ఉల్లంఘన జరగలేదని తెలియదు. ఇది గణిత, భౌతిక శాస్త్రాల సమన్వయానికి ఒక ఉదాహరణ. భౌతిక శాస్త్రంలో ద్రవ్యవేగమూ, వేగమూ గురించి చర్చించటానికి వాటి దిశలు ఆవశ్యకమౌతాయి.

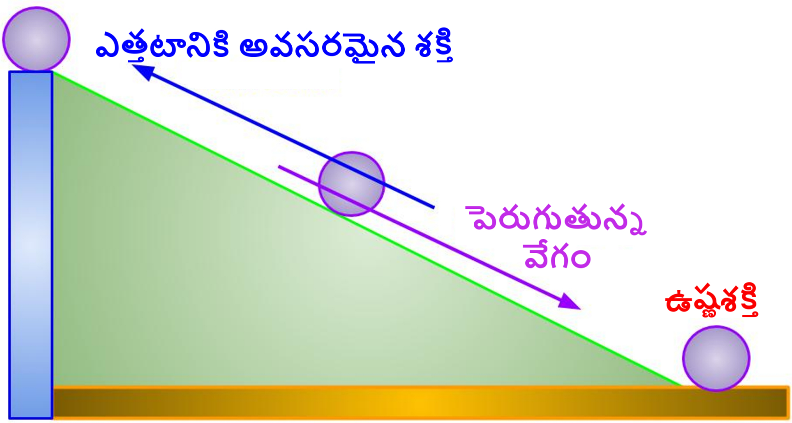
ఒక ముఖ్యమైన ప్రశ్న. గణిత శాస్త్రం ఉపయోగించి ఈశాన్య దిశలోని వేగంలో ఇంత భాగం తూర్పు దిశదనీ, ఇంత ఉత్తర దిశదనీ విడగొట్టటం సబబేనా? అది కేవలం సబబే కాదు, భౌతిక

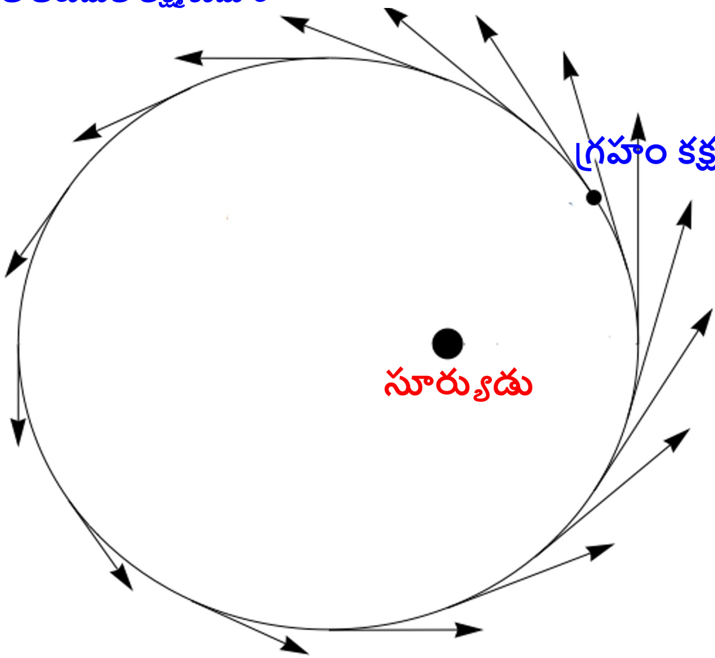


శాస్త్రంలో "బలానికీ- శక్తికీ" ఉన్న సంబంధం తెలుసుకోటానికీ ఆ తరువాత శక్తి నిత్యత్వ నియమం యొక్క ప్రాముఖ్యత అర్థం చేసుకోటానికీ ఈ విధమైన గణితశాస్త్ర పద్ధతి తప్పనిసరి. ఉదాహరణకు పై చిత్రంలో పారిపోతున్న గుర్రాన్ని ఆపటానికి ఇద్దరు వ్యక్తులు రెండు తాళ్ళతో వెనక్కి లాగుతున్నారు. వ్యక్తి బలం తాడు దిశలోనే ఉంది. కానీ గుర్రం ఆగటానికి బలం అది పరిగెత్తే దిశకి వ్యతిరేకంగా ఉండాలి. అంటే తాడు దిశగా ఉన్న బలంలో ఒక భాగం గుర్రం పరిగెత్తే దిశకి వ్యతిరేకంగా ఉంది. ఇద్దరు వ్యక్తుల మధ్యా కోణం పెద్దదైన కొద్దీ గుర్రాన్ని ఆపటం కష్టం అవుతుంది. గుర్రం పరిగెత్తే దిశకి వ్యతిరేకంగా ఉండే బలం యొక్క భాగం తగ్గి పోతుంది. వ్యక్తులిద్దరూ ఎదురు బదురుగా ఉంటే గుర్రం వాళ్ళని ఈడ్చుకుంటూ పోతుంది. గుర్రాన్ని ఆపటానికి ఉపయోగపడని బలం వ్యక్తులు ఒకరికొకరు దూరంగా జరగటానికి చేసే ప్రయత్నం. అన్ని దిశలలో బలం భాగాలు గణించినట్లే వేగం, త్వరితం భాగాలు గణించవచ్చు.

ఏదైనా వస్తువు బలం కారణంగా కదిలినప్పుడు, బలం దిశలో లేదా దానికి వ్యతిరేక దిశలో కదిలిన దూరాన్ని బలంతో హెచ్చవేస్తే లభించేది భౌతిక శాస్త్రం లో "శక్తి", ఇంగ్లిష్ లో ఎనర్జీ. శక్తి, బలం మొదలైన మాటలకి భౌతిక శాస్త్రం లో ప్రత్యేకమైన

అర్థాలు ఉంటాయి. బరువుని నేలపైనించి ఒక ఎత్తుకి లేపటానికి గురుత్వాకర్షణ బలానికి వ్యతిరేకంగా శక్తి ఉపయోగించాలని అందరికీ తెలిసిందే. నిఠారుగా ఎత్తినా వాలుగా ఎత్తినా వస్తువు గురుత్వాకర్షణ బలానికి వ్యతిరేకంగా కదలిన దూరం ఒకటే, భూమి తలం నుంచి ఎత్తు. అందుచేత ఉపయోగించ వలసిన శక్తి అదే. అవసరమైన బలం తక్కువే. కానీ వస్తువుని ఎత్తటం కంటే వాలు తలం మీద తోయ్యటానికి కింది చిత్రంలో చూపిన విధంగా తక్కువ బలం కావాలి. కానీ వస్తువుని ఎక్కువ దూరం కదపాలి. తక్కువ బలాన్ని ఎక్కువ దూరంతో హెచ్చవేస్తే వచ్చే శక్తి అదే. ఈ శక్తి ఎత్తబడ్డ వస్తువు యొక్క స్థితి శక్తి. ఇంగ్లిష్ లో పొటెన్షియల్ ఎనర్జీ. వస్తువు ఎత్తు నుంచి మళ్లీ భూతలానికి పడుతున్నప్పుడు లేదా వాలు మీంచి కిందికి జారుతున్నప్పుడు ఈ స్థితిశక్తిలో కొంత భాగం వస్తువు యొక్క గతిశక్తి ఇంగ్లిష్ లో కైనటిక్ ఎనర్జీ గా మారుతుంది. కదులుతున్న వస్తువు పూర్తిగా భూతలాన్ని చేరి ఆగినప్పుడు దాని గతిశక్తి రాపిడి మూలంగా ఉష్ణశక్తిగా మారుతుంది. ఇలాగ శక్తి ఒక రూపం నుంచి ఇంకొక రూపంలోకి మారుతుంది కానీ శక్తిని సృష్టించలేము. నాశనమూ చేయలేము. ఇదే శక్తి నిత్యత్వ నియమం, ఇంగ్లిష్ లో లా ఆఫ్ కన్జర్వేషన్ ఆఫ్ ఎనర్జీ.





సూర్యుడి చుట్టూ గ్రహాలు అదే కక్ష్యలో తిరుగుతూ ఉండటమే శక్తి నిత్యత్వ నియమానికి చాలా గొప్ప ఉదాహరణ. దీర్ఘవృత్తంలో కదులుతున్న గ్రహం యొక్క వేగమూ దిశా క్షణక్షణానికీ మారుతుంటాయి. పై చిత్రం లో బాణాలు దిశ మార్పులూ, వాటి పొడుగు వేగ పరిమాణాన్ని చూపిస్తాయి. గ్రహం వేగం ఎక్కువ అయితే వేగ శక్తి ఎక్కువ ఉంటుంది. వేగంలో హెచ్చుతగ్గుల వల్ల ఒక క్షణం కొంత గతిశక్తి స్థితిశక్తిగానూ మరుసటి క్షణం స్థితిశక్తిలో కొంత గతిశక్తిగానూ మారుతూ ఉంటాయని ఈ బాణాలు చెబుతున్నాయి. గ్రహం శక్తి ఏమాత్రమైనా కోల్పోయి ఉంటే కోట్లాది సంవత్సరాలలో గ్రహం నెమ్మది నెమ్మదిగా సూర్యుడికి దగ్గరై చివరికి సూర్యుడితో కలిసిపోయి ఉండేది.

ద్రవ్యవేగం లాగే శక్తి కూడా నిత్యత్వ నియమానికి ఎల్లప్పుడూ లోబడాలి. దీనిని కూడా లెక్కలేనన్ని ప్రయోగాలలో సరిచూసారు. అంతకంటే ముఖ్యం ఈ నియమం కూడా ప్రాథమిక భౌతిక

శాస్త్రంలో గణిత సంబంధ రూపంలో ఉండటం. ఈ నియమాలు ఉల్లంఘించే ప్రాథమిక భౌతిక శాస్త్రం ఎవరూ ఏనాడూ సృష్టించలేదు. గణిత సంబంధాలు ఉండటం వల్ల ప్రయోగ ఫలితాలు ఒకదానిని ఒకటి బలపరుస్తాయి. అందుకే ఈ నిత్యత్వ నియమాలని ఉల్లంఘించే ఏకాకి ఫలితాలని ఆధునిక వైజ్ఞానికులు తోసివేస్తారు. తుపాకీ గుండు తగిలి కథానాయికుడు వెనక్కి కొట్టుకుపోయి అద్దం తలుపు ముక్కలైపోగా గదిలో పడిపోవటం కేవలం చలన చిత్రాలలోనే. నిత్యత్వ నియమాన్ని ఉల్లంఘిస్తుంది అలా జరగటం. గుండు ఎంత వేగంగా వెళ్లినా దాని ద్రవ్యవేగం తక్కువ.